

## EFFECTS OF THE PROGRESSIVE ECCENTRIC LOADS ON THE KNEE EXTENSORS OF STUDENTS ON THE MAXIMUM FORCE AND EXPLOSIVE FORCE IN STUDENTS .

Mariño. Nelson <sup>1</sup>, Díaz. Karina<sup>2</sup>, Jaimes . Marco<sup>3</sup>

*Nelson Adolfo Mariño Landazabal* <sup>1</sup>: Profesor Universidad de Pamplona, Doctor en ciencias de la Actividad Física y del Deporte , Grupo de Investigación Actividad física, Recreación y deportes [nlandezabal@unipamplona.edu.com.co](mailto:nlandezabal@unipamplona.edu.com.co)

*Karina Diaz Castiblanco* <sup>2</sup>: Aspirante a Magister en ciencias de la Actividad Física y del deporte Especialista en Entrenamiento Deportivo, Grupo de Investigación Actividad física, Recreación y deportes. [Kary-cheer@hotmail.com](mailto:Kary-cheer@hotmail.com)

Marco Fredy Jaimes laguado <sup>3</sup> Doctor en nuevas perspectivas de investigación en la actividad física, Profesor Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación actividad Física y Deportes. [mafrejala@ugr.es](mailto:mafrejala@ugr.es)

### RESUMEN:

El propósito de este estudio fue analizar los efectos de las cargas progresivo excéntricas en los extensores de la rodilla sobre la fuerza máxima y fuerza explosiva en jóvenes universitarios de 18 a 25 años. La muestra escogida por método no probabilístico, estuvo conformada por 40 estudiantes, pertenecientes a la tecnología en educación Física, Recreación y Deportes de la Universidad del Magdalena. Dicha muestra fue dividida en dos grupos en forma aleatoria: Grupo control ( $22,71 \pm 1,79$  años,  $64,06 \pm 10,61$  Kg,  $1,68 \pm 0,10$  mts) y Grupo Experimental ( $23 \pm 1,28$  años,  $67,89 \pm 9,43$  Kg,  $1,68 \pm 0,08$  mts). A partir de la aplicación del programa de entrenamiento a 15 semanas y después del análisis estadístico, se establecieron como resultados un porcentaje de mejora del 15% en el grupo experimental para la variable fuerza explosiva, y un porcentaje de mejora superior al 40% para la variable fuerza máxima; a su vez una diferencia altamente significativa \*\*\* ( $P \leq 0.001$ ), entre el grupo experimental con respecto al grupo control en la evaluación final. Dichos resultados, sugieren que un programa de entrenamiento sistemático con cargas progresivo excéntricas sobre los extensores de rodilla, produce efectos positivos sobre la fuerza explosiva calculada través de la altura en los saltos SJ y CMJ y fuerza máxima en el ejercicio de sentadilla.

**PALABRAS CLAVES:** Carga, Excéntrico, Fuerza máxima, Fuerza Explosiva, jóvenes.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the effects of loads progressive eccentric in the knee extensors on maximum strength and explosive strength in college students from 18 to 25 years.

The sample chosen by method non-probability was formed by 40 students, belonging to the program of technology in physical education, recreation and sports of the University of Magdalena. The sample was divided into two groups randomly: group control ( $22,71 \pm 1,79$  years old,  $64,06 \pm 10,61$  Kg,  $1.68 \pm 0.10$  mts) and Experimental Group ( $23 \pm 1,28$  years old,  $67,89 \pm 9,43$  Kg,  $1.68 \pm 0.08$  mts).

From the implementation of the training program at 15 weeks and after statistical analysis, were established as a result a percentage of 15% improvement in the experimental group for variable explosive force, and a percentage of improvement over 40% for variable maximum strength; at the same time highly significant difference \*\*\* ( $P \leq 0.001$ ), between the experimental group relative to the control group in the final evaluation.

These results suggest that a training program systematic with progressive eccentric loads on knee extensors, produces positive effects on the explosive force calculated height in SJ and CMJ jumps through and max in the exercise of squats.

**KEYWORDS:** Loading, Eccentric, maximum strength, Explosive Strength , Young

**Convocatoria I trimestre. Recibido el 30 de octubre de 2016; Aceptado el 02 de febrero de 2017**

## INTRODUCCION:

El entrenamiento de fuerza, es considerado como una de las metodologías más eficaces para mejorar el rendimiento deportivo, la salud y la prevención de la incidencia de lesiones fortuitas en deportistas de diferentes niveles y especialidades (Alkner y col., 2003, Arnason y col., 2007, Fleck y Kraemer, 1997, Fry y col., 2002). Es por ello que en los últimos años se han propuesto diferentes medios y métodos para desarrollar la fuerza, los cuales han generado incomparables adaptaciones y respuestas en cada una de las poblaciones a las que se han aplicado programas de entrenamiento con diferentes métodos. Aunque no es un método novedoso, en la actualidad las investigaciones se han preocupado por estudiar un tipo de entrenamiento con contracciones excéntricas (García-Lopez, 2007) por los resultados y las aplicaciones que han podido demostrar aplicándolo. Este tipo de contracción muscular, posee particulares características, lo que hacen que su aplicación sea más efectiva, García-Lopez, en su artículo aplicaciones del entrenamiento excéntrico publicado en el 2007, define algunas de ellas:

- a) La contracción excéntrica es capaz de desarrollar mayores picos de fuerza que la contracción concéntrica isométrica.
- b) Durante las contracciones excéntricas se invierte el orden de reclutamiento de unidades motoras.
- c) La contracción excéntrica conlleva a una menor activación muscular que la contracción concéntrica e isométrica.
- d) La contracción excéntrica requiere un menor coste energético que la contracción concéntrica e isométrica.
- e) La contracción excéntrica provoca daño muscular.

Aunque realizar ejercicios con contracciones excéntricas poco habituales provoca daño muscular, lo que es demostrado por varios indicadores como la pérdida de la fuerza muscular (Bowers y cols., 2004; Clarkson y cols., 1992; Howatson & van Someren, 2007; McHugh, Connolly y cols., 2000; Nosaka & Newton, 2002b), la pérdida del rango de movimiento (Clarkson & Hubal, 2002; Hirose et al., 2004; McHugh et al., 2000; Nosaka &

Newton, 2002), el dolor muscular de aparición tardía (Brockett y cols., 2001; Nikolaidis et al., 2007) y la inflamación (Brockett et al., 2001; Hirose et al., 2004; Nikolaidis et al., 2007). A día de hoy, uno de los grandes avances en el entrenamiento deportivo ha sido la inclusión del entrenamiento excéntrico en los programas de entrenamiento (Tous, 2010).

Profusas investigaciones han arrojado resultados positivos que van desde mayores ganancias de fuerza, mejoras en la composición muscular esquelética, aumento de la fuerza explosiva, y eficiencia en los programas de rehabilitación tras tendinopatías en el tendón rotuliano, mostrándose resultados positivos tanto en el ámbito del alto rendimiento como de la salud (Domínguez, 2012) lo cual no es cuanto menos curioso, puesto que este tipo de trabajo muscular se ha descrito clásicamente por un mayor daño muscular que el trabajo concéntrico (Wilmore y Costill, 2004).

Aunque este no es un método novedoso, el conocimiento que tenemos acerca de las respuestas a este tipo de entrenamiento es *relativamente* reciente, además de ello la mayoría de las investigaciones se han realizado con medios isocinéticos y quizás por ello no han evidenciado daños musculares en los sujetos evaluados. A la fecha, existen pocas investigaciones que demuestren los beneficios del entrenamiento excéntrico controlado con pesos libres y máquinas comunes de encontrar en los gimnasios.

De acuerdo a ello, esta investigación tiene como objetivo principal; *Analizar los efectos de las cargas progresivo excéntricas en los extensores de rodilla sobre la fuerza máxima y fuerza explosiva en jóvenes universitarios de 18 a 25 años pertenecientes a la tecnología en educación física, recreación y deportes de la universidad del magdalena.*

## MARCO METODOLOGICO

### MÉTODOS:

#### Participantes y Diseño del Estudio

Treinta y seis jóvenes, estudiantes Universitarios del programa de Tecnología en Educación Física, Recreación y Deportes sin discriminación de sexo, participaron en este estudio (con edad promedio, 18- 25 años). Los

sujetos fueron asignados a uno de los dos grupos de estudio, de forma aleatoria:

#### GRUPO 1: Control

#### GRUPO 2: Experimental

El *grupo control* siguió con su rutina cotidiana, además se le asignó un programa de entrenamiento convencional de fuerza para la salud realizando movimientos (concéntricos-excéntricos) y se sometió a las pruebas; pre-test, intermedio, pos-test.

Por su parte el *grupo Experimental* que estuvo conformado por los jóvenes físicamente activos; aquellos jóvenes que realizan actividad física aunque no de forma programada 3 días a la semana con una duración de media hora aproximadamente, llevaran a cabo el programa de entrenamiento excéntrico específicamente para los extensores de rodilla. Cabe anotar que tanto los sujetos del grupo control, así como los del grupo experimental hace seis meses que no desarrollan un programa de fuerza específico.

Para la intervención en este estudio, se consideran los principios biológicos del entrenamiento, entre los cuales destacamos:

\* Principio de sobrecarga: "Estímulos inferiores al umbral no tienen efecto, estímulos débiles por encima del umbral mantienen el nivel funcional, estímulos fuertes (óptimos) inician cambios fisiológicos y morfológicos y estímulos demasiado fuertes producen daños funcionales"

\* Principio de variación cíclica: Cambios de niveles de intensidad y complejidad de los ejercicios.

\* Principio de Optimización entre carga y recuperación

\* Principio de especificidad: Trabajos excéntricos en los extensores de rodilla, a través del ejercicio Sentadilla o Squat.

Para llevar a cabo la intervención y manejar la intensidad, se tiene en cuenta la escala de Borg de esfuerzo percibido, la cual mide la gama entera del esfuerzo que el individuo percibe al hacer ejercicio. Esta escala da criterios para hacerle ajustes a la intensidad de ejercicio, o sea a la carga de trabajo, y así pronosticar y

dictaminar las diferentes intensidades del ejercicio (*Robertson et. al., 2003*).<sup>1</sup>

La intervención del estudio, se realizó durante 15 semanas y tuvo tres fases específicas:

1. Fase de Adaptación anatómica; La cual tuvo una duración de 4 semanas y en ella se utilizó el entrenamiento en circuito con los parámetros sugeridos por Bompa, 2000 para este entrenamiento en personas entrenadas.

PARAMETROS DEL ENTRENAMIENTO	ENTRENADAS
Duración de la fase	4 semanas
Carga	(40-60) según resultados del test y estableciendo la escala de percepción del esfuerzo
N° De estacones por circuito	6-9
Numero de circuitos por sesión	3-5
Tiempo total de la sesión	30-40
Intervalo de descanso entre circuitos	1-2 minutos
Frecuencia por semana	3

**TABLA N°1.** Parámetros sugeridos para un entrenamiento en circuito. Bompa, 2000

2. Entrenamiento excéntrico con cargas submaximas: El objetivo de esta fase es continuar el proceso de adaptación de forma más específica puesto que los participantes nunca habían entrenado con este método y es necesario estandarizar y ejecutar muy bien la técnica del ejercicio establecido para poder alcanzar los objetivos propuestos además de evitar lesiones. Es por ello que durante estas seis semanas se entrenara solo la fase

<sup>1</sup> Robertson R. J., Goss F. L., Rutkowski J., Lenz B., Dixon C., Timmer J., Frazee K., Dube J. y Andreacci J (2003). *Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale For Resistance Exercise*. Med Sci. Sport Exerc, 35, 333-341.

excéntrica del ejercicio en sentadilla con una carga del 75% al 85% de 1RM y siguiendo el presente protocolo:

PARAMETROS	TRABAJO
Entrada en calor	10-15 minutos
Estiramiento	FNP (Facilitación Neuromuscular propioceptiva)
Carga	75%-85%
Numero de ejercicios	1-2 SEMANA 3
	3 SEMANA 4
	4 SEMANA 5
	5-6 SEMANA 6
Numero de repeticiones por serie	1-2 SEMANA 14-15
	3 SEMANA 12-13
	4 SEMANA 10
	5-6 SEMANA 8-10
Intervalo de descanso	2 minutos
Velocidad de ejecución	Moderada
Frecuencia por semana	3

**TABLA N°2.** Parámetros del entrenamiento semana con cargas submaximas.

Entrenamiento excéntrico con cargas supra máxima: Esta fase se desarrolló durante 5 semanas, teniendo en cuenta los parámetros sugeridos por Bompa, 2000:

PARAMETROS DEL ENTRENAMIENTO	TRABAJO
Carga	110-140

Numero de repeticiones	1-4
Numero de series	4-6
Intervalo de descanso	3-6 minutos
Velocidad de ejecución	Lenta
Frecuencia por semana	2-1

Para el desarrollo de la sesión en esta fase, se tendrá en cuenta el momento del calentamiento o entrada en calor de aproximadamente 10-15 minutos, luego se trabajara el estiramiento FNP; y se culminara esta primera parte con trabajos para el fortalecimiento de la zona media, luego de esto se pasara a ejecutar el ejercicio específico (Sentadilla o squat) teniendo en cuenta el protocolo de entrenamiento y por último se realizara el sedante.

**Protocolos de Evaluación:** En el presente estudio se utilizaron dos grupos con evaluaciones Diagnostica, pre, inter y post entrenamiento, Repartidos de la siguiente forma; la evaluación Diagnostica se realizó la primera semana, antes de la adaptación anatómica, el Pre se realizó al final de la 4ta semana, el test intermedio se realizó en la semana décima, y el post-test se realizó en la última semana. En una primera medida se aplicó el test de 1RM con cargas submaximales en los ejercicios de press pierna, press banca, buenos días, remo, jalones y pantorrilla (Epley citado por García manso 1999), para determinar el estado de actual de la población; a partir del dato generado se estableció que este tipo de población en general se encontraba en una clasificación óptima para iniciar un trabajo de entrenamiento en fuerza y potencia con sobrecarga. Cada participante dio su consentimiento informado por escrito a través de un documento de pre-participación antes de la recolección de los datos. Además, los participantes recibieron una detallada explicación de los protocolos de entrenamiento y de evaluación, y de los posibles riesgos y beneficios del estudio. La aprobación del estudio se extendió al Comité de programa de la Maestría en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universidad de Pamplona. A partir de esto se procedió a la aplicación de los diferentes test que servirían para determinar los resultados:

1. Test de 1RM; aplicado a partir del procedimiento propuesto por Contreras 2012.<sup>2</sup>

2. Saltos verticales de acuerdo al protocolo de Bosco 1994. (CMJ, SJ),<sup>3</sup> cuyos datos se analizaron y comprendieron, con la ayuda del sistema BIOSALTUS, través de software de gestión denominado "Chronojump".

### ESTADISTICA Y RESULTADOS:

Para análisis, como primera medida, se utilizó la estadística descriptiva estándar; para a través de ella, analizar las características de las variables; determinar el mínimo, el máximo, el rango, la media y la desviación y a partir de ello poder proceder a analizar los datos propiamente. En su orden, se inició estableciendo la normalidad de los datos a través de la prueba estadística Shapiro-Wilk, la importancia de esta prueba se centra en lo fundamental de establecer la normalidad de los datos antes de iniciar cualquier análisis estadístico, pues aunque se supone que los errores fundamentales se distribuyen normalmente, debe comprobarse a través de un test para la distribución normal, dado el caso se establece anormalidad entre los datos, no se podría aplicar ningún tipo de análisis estadístico a ellos puesto que esto indica que los datos tienen sus varianzas por sí mismo más no por la intervención que se pudiese hacer sobre ellos. De esta forma procedimos a estudiar los datos, a través de la Prueba T (T student), el cual determina la diferencia entre dos medidas; en este caso se hallaran las diferencias existentes entre el pre y el inter, el inter y el post y a su vez el pre y el post *intragrupos* (al interior de cada grupo). Luego se procedió aplicando la prueba F o en su medida la prueba de Bartlett's o test de homogeneidad de las varianzas, el cual determinaría o no la aplicación de la siguiente prueba. Si esta prueba arroja resultados no significativo es decir  $P > 0.05$ , hablaríamos de resultados para métricos por lo que podríamos aplicar el ANOVA de un factor, puesto que la razón T solo se utiliza para comprobar la diferencia entre dos medidas, y por el contrario el ANOVA, nos permite verificar la diferencia entre dos o más medidas. Por lo que el

estadístico T se empleó Intragrupo y el ANOVA intergrupos. Por el contrario, cuando la prueba de Bartlett's, nos arrojó diferencias significativas es decir;  $P < 0.005$ , estaríamos hablando de un tipo de datos no para métricos, por lo que en ese caso se aplicó el Kruskal -walls. El nivel de significancia fue de 0,05. El software estadístico usado el SPS v21.

### RESULTADOS: Interpretación de los resultados;

\*( $P \leq 0.05$ )- Diferencias significativas 95%

\*\* ( $P \leq 0.01$ )- Diferencias muy significativas 99%

\*\*\* ( $P \leq 0.001$ )- Diferencias altamente significativas 99.9%

De esta forma, se procedió a establecer la homogeneidad o de lo contrario las diferencias entre los grupos al iniciar la investigación, teniendo en cuenta el pre-test.

Para la Variable SJ: Teniendo en cuenta la altura del salto.  $P = 0.0912 \rightarrow (P > 0.05) \rightarrow$  entre el grupo experimental y el grupo control, en el Pre-test; *No Existen diferencias significativas.*

Para la Variable CMJ:  $P = 0.0003 \rightarrow **$  ( $P \leq 0.001$ )  $\rightarrow$  entre el grupo experimental y el grupo control, en el Pre-test; *EXISTEN diferencias ALTAMENTE significativas*, es decir las diferencias son de un 99.9%.

Para la Variable 1RM:  $P = 0.1491 \rightarrow (P > 0.05) \rightarrow$  entre el grupo experimental y el grupo control, en el Pre-test; *No Existen diferencias significativas.*

De lo cual podemos abstraer que solo existieron diferencias significativas en la altura del salto CMJ, entre el grupo experimental y grupo control durante la evaluación PRE-TEST.

*Resultados del INTER:* Para determinar la evolución y mejorías dentro del proceso se aplicó la prueba estadística T intragrupos (en el interior de cada grupo), relacionando el pre con el inter, el inter con el post y a su vez el pre con el post; para demostrar si el entrenamiento tubo o no efectos. Para ello si la  $P > 0.05 \Rightarrow$  la intervención no tuvo efecto, puesto que dentro de la distribución los valores mayores a 0,05 están dados por el azar. Por el contrario si  $P < 0.05 \Rightarrow$  la intervención si tuvo efectos,

<sup>2</sup> CONTRERAS Denis. *Laboratorio Fuerza 1RM*. Grupo de investigación en ciencias del movimiento humano. Universidad de Pamplona. 2012

<sup>3</sup> BOSCO, C. (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco*. Paidotribo. Madrid.



puesto que dentro del rango de 0 a 0,05 los resultados se presentan de forma atípica.

A continuación se presenta un cuadro resumen mostrando la evolución de la distribución dentro de estos rangos ya establecidos para cada uno de los grupos, determinado a partir de la media el porcentaje de mejora a través de una regla de tres ( $MD_{inter} - MD_{post} \times 100 / MD_{pre}$ ).

#### GRUPO EXPERIMENTAL: PRE Vs INTER

$P < 0,05 \Rightarrow$  la intervención si tuvo efecto en todas las variables.

#### GRUPO CONTROL: PRE Vs INTER

VARIABLE	P(T<=t)	% DE MEJORA
CMJ	,000	10,6%
SJ	,000	6,5%
1RM	,000	16,04%

$P < 0,05 \Rightarrow$  la intervención si tuvo efecto

Comparando los resultados obtenidos entre el grupo experimental y el grupo control en la evaluación intermedia, concluimos:

VARIABLE	P(T<=t)	% DE MEJORA
CMJ	,000	3,9%
SJ	,005	3,6%
1RM	,000	8,8%

Para la variable SJ:  $P = 0.0021 \rightarrow **$  ( $P \leq 0.01$ )  
 $\rightarrow$  En la variable SJ entre el grupo experimental y el grupo control, en el Test Intermedio; *Existen diferencias MUY significativas*, es decir las diferencias son de un 99%.

Para la variable CMJ:  $P = 0.0000 \rightarrow ***$  ( $P \leq 0.001$ )  
 $\rightarrow$  En la variable CMJ entre el grupo experimental y el grupo control, en el Test Intermedio; *Existen diferencias ALTAMENTE significativas*, es decir las diferencias son de un 99.9%.

Para la variable 1RM:  $P = 0.7359 \rightarrow (P > 0.001)$   
 $\rightarrow$  En la variable 1RM entre el grupo experimental y el grupo control, en el Test

Intermedio; *NO Existen diferencia significativas*.

Como se puede observar, las intervenciones aplicadas en los dos grupos tuvieron efectos positivos, sin embargo fue mayor el efecto obtenido con el programa de entrenamiento excéntrico en comparación con el programa de fuerza tradicional.

*Resultados del POST:* En cuanto a los resultados del Post podemos determinar:

#### GRUPO EXPERIMENTAL: PRE Vs POST

$P < 0,05 \Rightarrow$  la intervención si tuvo efecto

#### GRUPO CONTROL: PRE Vs POST

$P < 0,05 \Rightarrow$  la intervención si tuvo efecto

Aunque hubo diferencias significativas en los dos grupos, los porcentajes de mejora en el grupo experimental fueron más relevantes.

Teniendo en cuenta las comparaciones realizadas entre el grupo experimental y grupo control a través del Anova de un factor,

VARIABLE	P(T<=t)	% DE MEJORA
CMJ	,000	13,17%
SJ	,000	17,65%
1RM	,000	46,59%

podemos concluir:

Para la variable SJ:  $P = 0.0000 \rightarrow ***$  ( $P \leq 0.001$ )  
 $\rightarrow$  En la variable SJ entre el grupo experimental

VARIABLE	P(T<=t)	% DE MEJORA
CMJ	,000	7,17%
SJ	,000	7,28%
1RM	,000	17,78%

y el grupo control, en el Post-Test; *Existen diferencias ALTAMENTE significativas*, es decir las diferencias son de un 99.9%.

Para la variable CMJ:  $P = 0.0000 \rightarrow ***$  ( $P \leq 0.001$ )  
 $\rightarrow$  En la variable CMJ entre el grupo experimental y el grupo control, en el Post-Test; *Existen diferencias ALTAMENTE significativas*, es decir las diferencias son de un 99.9%.

Para la variable 1RM:  $P= 0.0000 \rightarrow ***$  ( $P<0.001$ )  $\rightarrow$  En la variable CMJ entre el grupo experimental y el grupo control, en el Post-Test; *Existen diferencias ALTAMENTE significativas*, es decir las diferencias son de un 99.9%.

Relacionando estos resultados con los obtenidos en el Pre- y el inter, podemos deducir que se observó un incremento significativo de las variables entre las evaluaciones inter y post en el grupo experimental.

## DISCUSIÓN:

Iniciaremos por afirmar que entre los beneficios, del entrenamiento excéntrico de corta duración reporta mejoras significativas en las diferentes manifestaciones de la fuerza (concéntrica, isométrica y excéntrica) (Atha 1981). En esta investigación se aplicó una intervención de quince semanas, cuatro de adaptación anatómica iniciales y diez semanas con intensidad de tres días aplicando, manejando las cargas según la propuesta metodológica establecida; la cual arroja estadísticamente diferencias significativas en la fuerza explosiva y especialmente en la fuerza máxima del grupo experimental en comparación del grupo control. Así mismo, Komi y Burskirk (1972) han averiguado que un entrenamiento excéntrico de 7 semanas provoca un mayor aumento de los valores de fuerza excéntrica y concéntrica que el entrenamiento concéntrico por sí solo. Un estudio más reciente, realizado por E. Tood Schroeder y S. Victoria Jaque en el 2005, en torno a las adaptaciones musculo esqueléticas de un programa de entrenamiento de la fuerza progresivo excéntrico de 16 semanas en mujeres jóvenes; arroja un incremento del 20-40% de la fuerza en ambos grupos de entrenamientos experimentales (Excéntrico de alta intensidad y excéntrico de baja intensidad), además se encontraron incrementos en la masa corporal magra, así como el contenido mineral óseo. Lo cual sugiere que el entrenamiento excéntrico submaximo es óptimo para lograr adaptaciones musculo esqueléticas.

Ahora bien, los datos sociodemográficos de la muestra en esta investigación no indican similitud con respecto a los datos reportados por otros estudios, la mayoría de investigaciones realizadas se han hecho en personas entrenadas, deportistas, (Askling y col. (2003), Naclerio y col. (2007), Nornbrand y col. (2008), Romero-Rodríguez y col. (2011), Seynnes y col. (2007)) animales con beneficios de rehabilitación (Hibbert y col., 2008) y ancianos (Santiago Adolfo Arboleda Franco, 2014, Valour y cols. 2004) Aunque existen investigaciones como las de E. Tood y S. Victoria, cuyas muestras se constituyen en mujeres jóvenes y en nuestro estudio tuvimos la participación de siete mujeres en cada uno de los grupos establecidos. No obstante a continuación empezare por discutir entorno a los resultados obtenidos en cada uno de las variables evaluadas de acuerdo al grupo específico.

## FUERZA EXPLOSIVA; SJ-CMJ:

**GRUPO ENTRENADAS:** Son pocos los trabajos que han analizado la repercusión que tiene el ejercicio excéntrico sobre la capacidad contráctil dinámica, desconociéndose por completo cómo pueden afectar las contracciones musculares excéntricas a la capacidad de salto y al funcionamiento del denominado ciclo estiramiento-acortamiento (Horita y otros, 1999; Hortobagyi y otros, 1998; McHugh y otros, 2000; Warren y otros, 2000).

En este estudio a partir de la metodología utilizada en las variables SJ y CMJ para indicar las mejoras en la fuerza explosiva y capacidad de salto; se determinó un incremento del 13% en el salto SJ entre las evaluaciones del pre y el post; 6,6% entre el pre y en inter y 6,3% entre el inter y el post. De esta forma, se observa una diferencia en la mejora durante el entrenamiento con cargas submaximas mayor al obtenido durante el entrenamiento con cargas máximas. Por otra parte se determinó una mejora del 17,6% en el salto CMJ entre las evaluaciones del pre y el post; 10,65% entre el pre y el inter y 6,31% entre el inter y el post. Concluyendo que durante las cargas submaximas se observa una alta mejora en la capacidad del salto CMJ, del mismo modo en el que sucedió con el salto SJ. Un estudio reciente concluyó que "una carga

excéntrica acentuada evoca incrementos agudos en la altura del salto vertical, así como en las variables cinéticas y cinemáticas que se consideran importantes a la capacidad de salto vertical"; y esto visto desde un punto de vista de atletas de salto alto. Al respecto, García-López y cols., 2005 analizó las adaptaciones inducidas por un programa de entrenamiento excéntrico con cargas submaximas, el cual concluyó que 6 semanas de entrenamiento excéntrico submaximo parecen suficientes para incrementar significativamente la capacidad de salto vertical estático (SJ) y contra movimiento (CMJ). Ambos incrementos (SJ y CMJ) fueron similares, indicando esto que el programa de entrenamiento seguido afecta de forma similar la capacidad explosiva (SJ) y explosivo-elástica (CMJ). Aunque algunos autores han indicado que tras un entrenamiento excéntrico, se observa una pérdida de fuerza explosiva durante periodos superiores a 24 horas (principalmente en personas o deportistas que no están acostumbrados al mismo), y la posibilidad de incluir daño muscular (McHugh et al., 2000, Byrne, et al., 2004; Mjølshes et al., 2004; Gracia – López et al., 2006, Arnason et al., 2008). No obstante en sujetos experimentados o familiarizados con este tipo de trabajos las pérdidas de fuerza y el daño muscular parecen ser inferiores e incluso se ha apuntado que el propio entrenamiento excéntrico promueve mecanismos de protección frente al daño muscular si la intensidad de trabajo es suficientemente alta (Clarckson et al., 1992; Faulkner et al., 1993; Michaut et al., 2004; Gracia-López et al., 2007).

En este caso, y en lo que respecta a esta investigación, aunque la muestra no eran sujetos experimentados o familiarizados con este tipo de trabajos, la aplicación del programa de entrenamiento no trajo consigo lesiones o daño muscular en los participantes, esto debido a que los sujetos contaron con un proceso de adaptación anatómica suficiente para tolerar el impacto que causarían la cargas excéntricas, así mismo durante el programa de entrenamiento las cargas se establecieron de manera progresiva, lo que ayudo en el proceso de adaptación. Del mismo modo E. Tood Schroeder y S. Victoria Jaque en el 2005 establecieron cargas submaximas y máximas de manera progresiva en su investigación, obteniendo resultados positivos.

**GRUPO CONTROL:** Debido a la exploración del trabajo realizado y como indicador de medición, se estableció un grupo control el cuál sería la guía comparativa para la aplicación del programa, puesto que este grupo continuo con su rutina cotidiana, además se le asignó un programa de entrenamiento convencional de fuerza para la salud realizando movimientos (concéntricos-excéntricos) y se sometió a las pruebas; pre-test, intermedio, pos-test. Tomando las diversas variables del test de Bosco podríamos observar que en comparación con el grupo experimental no se presenta significancia mayor entre pre test, test intermedio y post test, debido a que los porcentajes de mejora de lo salto SJ y CMJ entre cada evaluación se mantienen sobre el 3%. Estos resultados lo justificamos en lo expresado por Bompa (2000) quien plantea que no es posible pretender ganancia de fuerza explosiva si no se trabaja, por tanto los deportistas nunca podrán saltar más alto correr más rápido, lanzar más lejos o dar puñetazos con aceleración, ya que el plan seguido por estos sujetos no tenía como objetivo la mejora de esta manifestación.

#### **FUERZA MAXIMA:**

**GRUPO ENTRENADAS:** Muchos estudios han demostrado que el ejercicio excéntrico provoca daño muscular y este daño está influenciado por el volumen de entrenamiento (Lieber & Friden, 1993; McCully & Faulkner, 1986; Nosaka & Newton, 2002a; Nosaka & Sakamoto, 2001) y por la intensidad de los mismos (Sesto et al., 2005). La mayoría de los estudios han trabajado con grandes volúmenes de ejercicio excéntrico al referirnos al número de repeticiones, que oscilan entre 60 y 250 repeticiones/ sesión (Bowers et al., 2004; Brockett et al., 2001; McHugh, 2003; McHugh et al., 2001; Paschalis et al. 2008; Sesto et al., 2005; Yeung & Yeung, 2008), y si nos referimos a la intensidad a la que se han llevado los ejercicios excéntricos, muchos de los estudios se han llevado a cabo a intensidades excéntricas máximas (Barroso et al., 2010; Brockett et al., 2001; Brown et al., 1997; Howatson & van Someren, 2007; Nosaka & Newton, 2002b; Nosaka & Sakamoto, 2001; Paschalis et al., 2008).

Sin embargo en este estudio no se contó con grandes volúmenes de ejercicio excéntrico y como ya se ha planteado, la intensidad de los ejercicios se trabajó de forma progresiva, lo que



fue favorable en el proceso de adaptación. En consecuencia, cuando hablamos de estas adaptaciones, la edad o la falta de respuesta adaptativa si tiene que ver en los resultados porque no se puede comprometer al físico o a la mente en forma acelerada a estos cambios; en todos los sentidos es evidente que se requiere de una acumulación preparatoria para desarrollar un programa de entrenamiento excéntrico.

En la evaluación y control de esta variable, se observó un incremento progresivo dentro de este grupo, el porcentaje de incremento entre el pre y el intermedio fue de un 16,04 %, por el contrario entre el periodo del test intermedio y el post, el aumento coincidió con un 26,32%, la explicación a esto se encuentra sustentada en lo expuesto por Seyle, el cual afirma que la aplicación de cargas de entrenamiento producen un cierto nivel de estrés en la población; para lo que propuso un modelo para describir la respuesta de los seres vivos a las fuentes de estrés en el medio ambiente, el cual se denominó SAG (síndrome general de adaptación) y ha sido empleado tradicionalmente para explicar el proceso de desarrollo de la fuerza.

Ahora bien estos resultados obtenidos, demostraron que el entrenamiento acentuado en las cargas excéntricas máxima produce mejores resultados en comparación con las excéntricas submaximas. En referencia, Higbie y col (1996) también encontró un mayor aumento de la fuerza de 43% con el entrenamiento excéntrico individual en comparación con los entrenamientos concéntricos que produjo el 31% en la fuerza luego de 10 semanas. Hortobagyi y col hallaron que el mejoramiento de la fuerza máxima total con el entrenamiento excéntrico producía mayores ganancias que con un entrenamiento concéntrico durante seis semanas. En ese parámetro, el entrenamiento excéntrico daba una mejoría del 85%, mientras que el concéntrico una mejoría del 78%. Por su parte, Hilliard-Robertson y col en el 2003 concluyen que: "Un protocolo de entrenamiento con sobrecarga que incluya excéntricas así como concéntricas, *particularmente cuando se enfatiza la excéntrica*, aparenta resultar en mayor ganancia de fuerza que con el entrenamiento concéntrico solo." Komi y Buskirk (1972) registró mayores aumentos de fuerza luego de un régimen de entrenamiento

excéntrico que luego de un régimen de entrenamiento solamente concéntrico. En un estudio más reciente, Santiago Adolfo Arboleda Franco en el 2014, en torno a el efecto de un entrenamiento con sobrecarga excéntrica mediante resistencia inercial, sobre la fuerza, la capacidad muscular y la masa muscular de hombre y mujeres mayores de 65 años; concluyo que este tipo de entrenamiento mejora en ambos sexos todos los valores de fuerza cuando se relativizan a la fuerza máxima y masa muscular, lo que se traduce en mejoras de la calidad muscular. En consecuencia, en este estudio se mostró una mejora del 46,5% entre el pre y el post, demostrando efectividad en el entrenamiento sin presentar lesiones ni daño muscular.

**GRUPO CONTROL:** La metodología utilizada para este grupo, arrojó una mejora significativa del 17,78%, determinada en; 8,8% entre el pre y el inter, y 8,17% entre el inter y el post. Estas claras mejoras se pueden deber a varios motivos puesto que es conocido que la fuerza muscular en hombres y mujeres sanos, previamente desentrenados, puede aumentar siempre que las cargas de entrenamiento superen suficientemente las actividades normales diarias de un músculo en particular<sup>4</sup>; por tanto, cualquier método que use sobrecargas que superen dicha intensidad puede provocar grandes mejoras en la fuerza de los sujetos desentrenados. Cargas cercanas al 50% del RM producen mejoras en la fuerza máxima en personas desentrenadas, pero los sujetos que ya han adquirido cierto grado de práctica en el entrenamiento con sobrecarga requieren intensidades superiores (>60% de 1RM) para obtener adaptaciones significativas<sup>5</sup>. En este sentido el grupo control, así como el experimental, estaba integrado por sujetos que no entrenaban de forma particular la fuerza.

## CONCLUSIONES:

<sup>4</sup> Häkkinen K. Adaptación neuromuscular al entrenamiento de la fuerza en hombres y mujeres. Resúmenes del 1.er Simposio Internacional de Fuerza y Potencia relacionadas con los Deportes, la actividad Física, el Fitness y la Rehabilitación. 2000.

<sup>5</sup> Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA. Prescription of resistance training for healthy population. Sports Medicine. 2001;31:953-64.

- Un programa de entrenamiento sistemático con cargas progresivo excéntricas sobre los extensores de rodilla, produce efectos positivos sobre la fuerza explosiva calculada través de la altura en los saltos SJ y CMJ y fuerza máxima en el ejercicio de sentadilla.
- La importancia que el estudio de las contracciones musculares excéntricas tiene en los últimos años para los investigadores y profesionales del deporte, ha deparado la investigación de una gran cantidad de marcadores para el análisis de los efectos que este tipo de musculación tiene sobre la musculatura. (López-Calbet, J. & Carreño-Clemente, J. (2003)).
- Los programas de entrenamiento de fuerza deben aplicarse respetando una secuencia metodológica adecuada basada en el fortalecimiento de la zona central y el desarrollo de adaptaciones anatómicas y estructurales que preceden a las mejoras de las capacidades específicas o la aplicación de ejercicios de difícil ejecución, que más allá de prevenir la incidencia de lesiones, podrán inducir las sino se realizan luego de haber alcanzado niveles básico de fuerza (Willarson, 2007).
- Con un correcto periodo de familiarización y respetando una progresividad adecuada, podemos diseñar un programa de entrenamiento excéntrico casi para cualquier tipo de población. (Valour y cols. (2004).
- El entrenamiento con contracciones excéntricas tiene aplicabilidad en el campo del rendimiento deportivo (ganancia de las manifestaciones de la fuerza, masa muscular y prevención del daño muscular) y en el campo de la rehabilitación muscular. (García López, 2007). Lo que lo convierte en un importante y significativo tipo de entrenamiento.
- Las contracciones musculares excéntricas son útiles para desarrollar fuerza excéntrica muy necesaria en muchos deportes (frenar caídas, saltar, etc.) ya que permiten reclutar selectivamente a unidades motoras rápidas (Enoka, 1996).

### RECOMENDACIONES:

Son necesarias nuevas investigaciones para poder desarrollar programas de entrenamiento que permitan obtener los beneficios que potencialmente puede proporcionar la realización de ejercicios excéntricos en todas las poblaciones, pero evitando los perjuicios que pueden asociarse al ejercicio excéntrico

exagerado o mal programado. (Carreño y López, 2003).

Esto se hace necesario puesto que aún queda por esclarecer muchas dudas como hasta qué punto los cambios provocados por el ejercicio excéntrico pueden desencadenar en adaptaciones beneficiosas a mediano y largo plazo. (López-Calbet, J. & Carreño-Clemente, J. (2003))

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- Alkner, B. A., Berg, H. E., Kozlovskaya, I., Sayenko, D. y Tesch, P. A. (2003). Effects of strength training, using gravity-in- dependent exercise system, performed during 110 day of simulated space station confinement. *Eur J Appl Physiol*, 90: 44-49.
- Arboleda F, (2014). Efectos de un entrenamiento con sobrecarga excéntrica sobre la fuerza, la capacidad funcional y la masa muscular en personas mayores de 65 años. Tesis Doctoral, Universidad de León 2014.
- Arnason, A., Andersen, TE., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 18, 40-48.
- Askling, C., Karlsson, J. y Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13, 244-250.
- Atha, J. (1981). Strengthening muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 9, 1-74.
- Barroso, R., Roschel, H., Ugrasowitsch, C., Araujo, R., Nosaka, K. & Tricoli, V. (2010). Effect of eccentric contraction velocity on muscle damage in repeated bouts of elbow flexor exercise. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35(4), 534-540.
- Bompa, T. O. Periodización del entrenamiento deportivo. Paidotribo, Barcelona, 2000.
- Bompa, T. O. (2006) Periodización del entrenamiento deportivo. Barcelona: Paidotribo.
- Bosco, C. La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. INDE, Barcelona, 2000.
- Bosco, C. (1994). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Paidotribo. Madrid.
- Bowers, E. J., Morgan, D. L. & Proske, U. (2004). Damage to the human quadriceps muscle from eccentric exercise and the training effect. *J Sports Sci*, 22(11-12), 1005-1014.

- Brockett, C. L., Morgan, D. L. & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 783-790
- Brown, S. J., Child, R. B., Day, S. H. & Donnelly, A. E. (1997). Exercise induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *J Sports Sci*, 15 (2), 215-222.
- Byrne C, Twist C, Eston r. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. *Sports Medicine*: 34, 49-69, 2004.
- Carreño J., Lopez J., (2003) Variables de interés en el estudio de los efectos del ejercicio excéntrico sobre el rendimiento deportivo. Revisión bibliográfica. *Apunts, Educación Física y Deporte* 62-69.
- Clarkson, P.M., Nosaka, K. y Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 24 (5), 12-20.
- Contreras Denis. Laboratorio Fuerza 1RM. Grupo de investigación en ciencias del movimiento humano. Universidad de Pamplona. 2012.
- Dominguez, R. (2012). Beneficios del entrenamiento excéntrico en el alto rendimiento y la salud. *EFDeportes.com, Revista Digital*. Buenos Aires, Año 17, N° 171, Agosto de 2012. <http://www.efdeportes.com>.
- Enoka, R. M. (1996): Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol*. (81): 2339-2346.
- Faulkner, J.A., Brooks, S.V. & Opitck, J.A. (1993). Injury to skeletal muscle fibers during contractions: conditions of occurrence and prevention. *Physical Therapy*, 73, 911-921.
- Fleck, S. J. y Kraemer, W. J. (1997). *Designing Resistance Training Programs*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Fry, A. C., Häkkinen, K. and Kraemer, W. J. (2002). In *Strength Training for Sport*: (Eds, Kraemer, W. J. y Häkkinen, K.) (pp. 135-162). Blackwell Science.
- García- López D, Bresciani G, De Souza F, Jiménez R, De Paz JA. Análisis de las adaptaciones inducidas por un programa de entrenamiento excéntrico con cargas submaximas. *Revista Entrenamiento Deportivo RED*: 19,5-12,2005
- García-Lopez D, De Paz JA, Jimenez-Jimenez R, Bresciani G, De Souza-Teixeira F, Herrero JA, Alvear-Ordenes I, González-Gallego J. Early explosive force reduction associated with exercise-induced muscle damage. *Journal of Physiology and Biochemistry*. 62, 163-170, 2006.
- García-Lopez D, Cuevas MJ, Almar M, Lima E, De Paz JA, Gonzalez Gallego J. Effects of eccentric exercise on NF-kappa activation in blood mononuclear cells. *Medicine and Science in Sports and Exercise*: (doi: 10.1249/mss.0B13e31802f04f), 2007.
- García-López David. Aplicaciones del entrenamiento excéntrico. *Avances en ciencias de la actividad física y del deporte*. 2007; Ed: ADEMÁS Comunicación, S.I. Madrid- España. Autor; Alfonso Jiménez ISBN: 978-84-935478-2-3
- García, Manso. (1999) *La fuerza. Entrenamiento de la fuerza reactiva*. Madrid. Gymnos
- Häkkinen K. Adaptación neuromuscular al entrenamiento de la fuerza en hombres y mujeres. Resúmenes del 1.er Simposio Internacional de Fuerza y Potencia relacionadas con los Deportes, la actividad Física, el Fitness y la Rehabilitación. 2000.
- Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA. Prescription of resistance training for healthy population. *Sports Medicine*. 2001;31:953-64.
- Hibbert, O., Cheong, K., Grant, A., Beers, A. y Moizumi, T. (2008). A systematic review of the effectiveness of eccentric strength training in the prevention of hamstring muscle strains in otherwise healthy individuals. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 3 (2), 67-81.
- Higbie, E.J., Cureton, K.J., Warren, G.L. y Prior, B.M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of Applied Physiology*, 81, 2173-2181.1996
- Hilliard-Robertson PC., Schneider SM. Bishop SL., Williams ME. Strength gains following different combined concentric and eccentric exercise regimens. *Aviat Space Environ Med* 74 (4): 342-347. 2003.
- Hirose, L., Nosaka, K., Newton, M., Laveder, A., Kano, M., Peake, J. et al. (2004). Changes in inflammatory mediators following eccentric exercise of the elbow flexors. *Exerc Immunol Rev*, 10, 75-90
- Hori, N., Newton, R.U. Andrews, W.A., Kawamori, N., McGuigan, M.R. y Nosaka, K. (2007). Comparison of four different methods to measure power output during the hang power output during the hang power clean and the

- weighted jump squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21 (2), 314-320.
- Horita T, Komi PV, Nicol C, Kyröläinen H (1999) Effect of exhausting stretch shortening cycle exercise on the time course of mechanical behaviour in the drop jump: possible role of muscle damage. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 79: 160-7.
- Hortobagyi T, Houmard J, Fraser D, Dudek, R, Lambert J, Tracy J (1998) Normal forces and myofibrillar disruption after repeated eccentric exercise. *J Appl Physiol* 84: 492-8.
- Howatson, G. & van Someren, K. A. (2007). Evidence of a contralateral repeated bout effect after maximal eccentric contractions. *Eur J Appl Physiol*, 101(2), 207-214
- Jiménez Gutiérrez Alfonso, De Paz Fernández José Antonio, Aznar Laín Susana. Aspectos metodológicos del entrenamiento de la fuerza en el campo de la salud. <http://www.efdeportes.com/> Revista Digital - Buenos Aires - Año 9 - N° 61 - Junio de 2003.
- Komi, P.V. & Buskirk, E.R. (1972). Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of human muscle. *Ergonomics*, 15, 4, 417-434.
- Kraemer, W.J., S.E. Gordon, S.J. Fleck, et al. Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *Int. j. Sports Med.* 12:228-235, 1992.
- Lieber, R. L. & Friden, J. (1993). Muscle damage is not a function of muscle force but active muscle strain. *J Appl Physiol*, 74 (2), 520-526.
- López-Calbet, J. & Carreño-Clemente, J. (2003). Variables de interés en el estudio de los efectos del ejercicio excéntrico sobre el rendimiento deportivo. Revisión bibliográfica. *Apuntes: Educación Física y Deportes*, 72: 62-69.
- McCully, K. K. & Faulkner, J. A. (1986). Characteristics of lengthening contractions associated with injury to skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol*, 61 (1), 293-299
- McHugh MP, Connolly DEJ, Eston RG, Gleim GW (2000) Electromyographic evidence of exercise resulting in symptoms of muscle damage. *J Sports Sci* 18: 163-72
- McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G., Gattman, E. J. & Gleim, G. W. (2001). Electromyographic analysis of repeated bouts of eccentric exercise. *J Sports Sci*, 19 (3), 163-170.
- McHugh, M. P. (2003). Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: the protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports*, 13 (2), 88-97.
- Michaut, A., Babault, N. & Pousson, M. (2004). Specific effects of eccentric training on muscular fatigability. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 278-283
- Mjolsnes, R., Arnason, A., Osthaugen, T., Raastad, T. y Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. Concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 14, 311-317.
- Naclerio, F., Marin, P.J., Viejo, D. y Forte, D. (2007). Efectos de diferentes protocolos de entrenamiento de fuerza sobre la fuerza máxima, la velocidad, la saltabilidad y el equilibrio en estudiantes universitarios. *Kronos*, 12, 12-21.
- Nacleiro, F. Entrenamiento de la fuerza en la práctica deportiva: zonas de entrenamiento y ejercicios de prevención. *PubliCE Premium*. España, 2008.
- Nikolaidis, M. G., Paschalis, V., Giakas, G., Fatouros, I. G., Koutedakis, Y., Kouretas, D. et al. (2007). Decreased blood oxidative stress after repeated muscle damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 39(7), 1080- 1089
- Norrbrand, L., Fluckey, J.D., Pozzo, M. y Tesch, P.A. (2008). Resistance training using eccentric overload induces early adaptations in skeletal muscle size. *European Journal of Applied Physiology*, 102 (3), 271-281.
- Nosaka, K. & Sakamoto, K. (2001). Effect of elbow joint angle on the magnitude of muscle damage to the elbow flexors. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (1), 22-29.
- Nosaka, K. & Newton, M. (2002a). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*, 34 (1), 63-69.
- Nosaka, K. & Newton, M. (2002b). Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *JStrength Cond Res*, 16(2), 202-208
- Pardo-Ibáñez, KORAL J. Ejercicios Excéntricos. [http://femede.es/documentos/Ejercicios\\_excenricos\\_XXJJTrauma.pdf](http://femede.es/documentos/Ejercicios_excenricos_XXJJTrauma.pdf). 2004.
- Paschalis, V., Nikolaidis, M. G., Giakas, G., Jamurtas, A. Z., Owolabi, E. O. & Koutedakis, Y. (2008). Position sense and reaction angle

after eccentric exercise: the repeated bout effect. *Eur J Appl Physiol*, 103 (1), 9-18. 106.

Robertson R. J., Goss F. L., Rutkowski J., Lenz B., Dixon C., Timmer J., Frazee K., Dube J. y Andreacci J (2003). Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale For Resistance Exercise. *Med Sci. Sport Exerc*, 35, 333-341.

Romero-Rodríguez, D., Gual, G. y Tesch, P.A. (2011). Efficacy of an inertial resistance training paradigm in the treatment of patellar tendinopathy in athletes: A case-series study. *Physical Therapy in Sport*, 11, 43-48.

Schoeder E. Todd y Jaque S. Victoria. Adaptaciones musculo esqueléticas a un programa de entrenamiento excéntrico de la fuerza progresivo excéntrico de 16 semanas en mujeres jóvenes. <http://www.Sobreentrenamiento.com> PuBliCE/Home.asp. 07/12/05. Pid:566. Premium. <http://g-se.com/es/entrenamiento-de-la-fuerza-y-potencia/articulos/adaptaciones-musculoesqueleticas-a-un-programa-de-entrenamiento-de-la-fuerza-progresivo-excentrico-de-16-semanas-en-mujeres-jovenes-566>.

Sesto, M. E., Radwin, R. G., Block, W. F. & Best, T. M. (2005). Anatomical and mechanical changes following repetitive eccentric exertions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20(1), 41-49.

Seynnes, O.R., de Boer, M. y Narici, M.V. (2007). Early skeletal muscle hypertrophy and architectural changes in response to high-intensity resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 102, 368-373.

Tous, J. (2010). Entrenamiento de la fuerza mediante sobrecargas excéntricas. En Romero, D. y Tous, J. (ed.). *Prevención de lesiones en el deporte: claves para un rendimiento deportivo óptimo*. Madrid: Editorial Médica Panamericana. pp. 217-239.

Valour D, Rouji M, Pousson M. Effects of eccentric training on torque-angular velocity-power characteristics of elbow flexor muscles in older women. *Experimental Gerontology*: 39, 359-368, 2004.

Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB (1999) Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced muscle injury. *Sports Med* 27: 43-59

Willarson, J. M (2007). Core Stability training: Application to sports conditioning programs. *J. Strength Cond. Res*, 21, 979-985.

Wilmore, J. H. y Costill, D. L. (2004). *Fisiología del esfuerzo y del Deporte*. Barcelona: Editorial Paidotribo.

Yeung, S. S. & Yeung, E. W. (2008). Shift of peak torque angle after eccentric exercise. *Int J Sports Med*, 29 (3), 251-256.